

Classe de Physique-Chimie

Sous la direction de **Cédric DEFFAYET**, Directeur de recherches au CNRS

Année 2022-2023

Les mardis 17h-19h30, à St Jean de Passy (72 rue Raynouard, Paris 16^{ème})

MODULE 1 (15 HEURES)

Mardis 13, 20, 27 septembre et 4, 11, 18 octobre 2022

PHYSIQUE. UNE INTRODUCTION A LA RELATIVITE GENERALE

par **Cédric DEFFAYET**, ancien élève de l'École Normale Supérieure, agrégé de physique, directeur de Recherche au CNRS, Chef de l'équipe Gravitation et Cosmologie du Laboratoire de Physique de l'École normale supérieure.

Cette formation se veut une ouverture sur des domaines, la cosmologie et la relativité générale, qui ont connu une véritable révolution lors des 15 dernières années, avec d'une part la construction d'un modèle de l'Univers à grande échelle et de son histoire d'une précision inédite (de l'ordre de 1% sur ses paramètres), et d'autre part la très récente mise en évidence (février 2016) des ondes gravitationnelles prédites par Einstein il y a juste cent ans. Le modèle standard de la cosmologie étant par ailleurs fondé sur la théorie de la relativité générale formulée par Einstein en 1915. Nous introduirons les principes ayant conduit à la formulation de cette théorie (principes d'équivalence et de relativité, principe de Mach, quelques éléments de relativité restreinte), puis la théorie elle-même et ses applications les plus simples et les plus célèbres : métrique de Schwarzschild, ondes gravitationnelles et cosmologie relativiste pour laquelle nous présenterons les succès et les problèmes du modèle cosmologique standard actuel. Une partie du contenu de cette formation dépasse très largement les programmes du secondaire et a pour objet de proposer une mise à niveau sur des sujets d'actualité brûlante qui pourront ensuite éventuellement être présentés de façon beaucoup plus simple devant un public d'élèves du collège et du lycée ; une autre partie sera plus directement réutilisable devant ce public puisque nous nous efforcerons de discuter divers aspects de la relativité générale et de la cosmologie qui ont une formulation non relativiste et « newtonienne ».

MODULE 2 (15 HEURES)

Mardis 8, 15, 22, 29 novembre et 6, 13 décembre

CHIMIE. MÉTALLURGIE

par **Marc BLETRY**, ancien élève de l'École Nationale Supérieure d'Électrochimie et d'Électrometallurgie de Grenoble, Maître de conférences à l'université Paris-Est Créteil (Paris XII).

Nous proposons un tour d'horizon de la métallurgie physique. Cette discipline est à l'interface de la mécanique, de la physique et de la chimie. L'une des questions clefs est celle des propriétés mécaniques des métaux : à quoi sont-elles dues et comment peuvent-elles être contrôlées ? Ces questions conduisent à des considérations fondamentales et ont des conséquences pratiques intéressant tous les secteurs industriels. Dans ce cours, nous proposons un tour d'horizon de cette discipline en introduisant les concepts élémentaires sur lesquels elle s'est construite (cristallographie, transformation de phase, défauts, diffusion, solidification, microstructure) puis en abordant la compréhension des propriétés mécaniques à l'échelle microscopique (déformation élastique et plastique, mécanismes de déformation, fatigue, rupture). Il ne s'agit pas de traiter en détails chacune de ces questions, mais d'en introduire les idées essentielles et de les illustrer à travers des applications pratiques ou des questions de recherche fondamentale actuelle. Il sera possible de moduler le contenu en fonction de l'intérêt des participants.

MODULE 3 (15 HEURES)

Mardis 10, 17, 24, 31 janvier et 7, 14 février 2023

INTRODUCTION À LA COSMOLOGIE RELATIVISTE

par **Cédric DEFFAYET**, ancien élève de l'École Normale Supérieure, agrégé de physique, directeur de Recherche au CNRS, Chef de l'équipe Gravitation et Cosmologie du Laboratoire de Physique de l'École normale supérieure.

Le cours présentera les grandes lignes du modèle standard de la cosmologie fondé sur la théorie de la relativité générale. Il n'y a aucun prérequis, les éléments de relativité générale nécessaires seront introduits. Nous présenterons le contenu matériel de l'univers, l'expansion cosmique, les mesures de distances, l'histoire thermique de l'univers incluant la nucléosynthèse primordiale et l'émission du fond diffus micro-onde. Nous discuterons de la croissance des grandes structures, et, pour terminer, nous présenterons les questions ouvertes dans le modèle standard cosmologique et l'inflation cosmique.

PLAN DE COURS

1. L'univers tel qu'on l'observe.
2. Cosmologie newtonienne et "boite à outils" relativiste.
3. Cosmologie de Friedmann-Lemaître-Robertson-Walker et équations de Friedmann.

4. Mesures de distances et brève histoire cosmique.
5. Histoire thermique, fond diffus micro-onde et nucléosynthèse primordiale.
6. Au-delà du modèle cosmologique standard, l'inflation cosmique.

MODULE 4 (15 HEURES)

Mardis 7, 14, 21, 28 mars et 4, 11 avril 2023

L'UNIVERS À HAUTE ÉNERGIE

par **Martin LEMOINE**, Ancien élève de l'École polytechnique, directeur de recherche au CNRS à l'Institut d'Astrophysique de Paris (IAP), ancien professeur chargé de cours à l'École polytechnique et enseignant au Master de physique de l'École normale supérieure.

Les développements technologiques des dernières dizaines d'années ont permis d'élargir notre vision de l'Univers aux bandes de très haute fréquence (domaines X et gamma) du spectre électromagnétique et, depuis peu, de nous en donner une vision « multi-messagers » par la détection de rayons cosmiques, de neutrinos et d'ondes gravitationnelles. Ce cours offre une perspective moderne sur cet Univers à haute énergie. On y présentera un panorama des techniques observationnelles utilisées et de la zoologie des sources découvertes. L'essentiel du cours portera sur les phénomènes physiques qui façonnent et structurent ces sources de haute énergie : évolution stellaire dans les stades avancés, phénomènes explosifs, astres compacts, et plasmas en conditions extrêmes notamment.